



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of:

Thorsten Lange et al.

Serial No.: 10/735,438

Filing Date: December 12, 2003

Title: **Method and Device for Determining
the Exhaust Gas Recirculation Mass
Flow of an Internal Combustion Engine**

§
§
§
§
§
§
§
§
§
§
§

Group Art Unit: 3747

Examiner:

Attny. Docket No. 070255.0632

Client Ref.: 12952US/nh

Mail Stop Missing Parts
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CERTIFICATE OF MAILING VIA EXPRESS MAIL

PURSUANT TO 37 C.F.R. § 1.10, I HEREBY CERTIFY THAT I HAVE INFORMATION AND A REASONABLE BASIS FOR BELIEF THAT THIS CORRESPONDENCE WILL BE DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE AS EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE, ON THE DATE BELOW, AND IS ADDRESSED TO:

MAIL STOP MISSING PARTS
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

EXPRESS MAIL LABEL: EV449863882US
DATE OF MAILING: APRIL 1, 2004

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Dear Sir:

We enclose herewith a certified copy of German patent application DE 102 60 322.7 which is the priority document for the above-referenced patent application.

Respectfully submitted,

BAKER BOTTS L.L.P. (023640)

Date: April 1, 2004

By:

Andreas H. Grubert
(Limited recognition 37 C.F.R. §10.9)
One Shell Plaza
910 Louisiana Street
Houston, Texas 77002-4995
Telephone: 713.229.1964
Facsimile: 713.229.7764
AGENT FOR APPLICANTS

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 60 322.7

Anmeldetag: 20. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: VOLKSWAGEN Aktiengesellschaft, Wolfsburg/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms eines Verbrennungsmotors

IPC: F 02 D 21/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

Schäfer



Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms eines Verbrennungsmotors

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms eines Verbrennungsmotors, beispielsweise eines Dieselmotors. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung, wobei mit Hilfe der somit gewonnenen Information über den Abgasrückführmassenstrom die Abgasrückführrate korrekt bestimmt werden kann.

10

Für eine insbesondere emissionsoptimale Regelung eines Verbrennungsmotors, z. B. eines aufgeladenen Dieselmotors, ist die genaue Kenntnis einer möglichst großen Anzahl von Betriebsparametern des Motorsystems von entscheidender Bedeutung. Ein derartiger Betriebsparameter ist bei einem Verbrennungsmotor mit Abgasrückführung beispielsweise der Abgasrückführmassenstrom, d. h. der Massenstrom des von dem Verbrennungsmotor ausgestoßenen Abgases, welches über eine Abgasrückführleitung einer Mischstelle zugeführt wird, wo das Abgas mit angesaugter Frischluft gemischt wird, um das daraus resultierende Frischluft/Abgasgemisch den Brennräumen des Verbrennungsmotors zuzuführen. Auch die so genannte Abgasrückführrate, d.h. der Quotient aus dem angesaugten Frischluftmassenstrom und dem Abgasrückführmassenstrom, ist für die Einhaltung von Abgasbestimmungen wichtig.

15

20

Derzeit ist der Abgasrückführmassenstrom nur mit teuren oder kurzlebigen Sensoren messbar. Empirisch oder physikalisch basierte Modelle, mit denen der Abgasrückführmassenstrom aus anderen Betriebsparametern des Motorsystems abgeleitet werden kann, weisen eine unzureichende Genauigkeit auf.

25

Auch die Bestimmung der Abgasrückführrate ist bei herkömmlicher Vorgehensweise stark fehlerbehaftet.

30

Implizit wird zu ihrer Bestimmung durch Prüfstandsmessungen zunächst aus verschiedenen Betriebsparametern der in den jeweiligen Zylinder oder Brennraum des Verbrennungsmotors angesaugte Gesamt- oder Zylindermassenstrom \dot{m}_{Zyl} bestimmt. Hierzu kommen als Betriebsparameter insbesondere der Druck und die Temperatur in der Verbindung (dem so genannten Saugrohr) zwischen der zuvor genannten Mischstelle und dem Zylinder sowie die Einspritzmenge des Luft/Kraftstoffgemisches und die Motordrehzahl in Frage, wobei durch die Prüfstandsmessungen der Zylindermassenstrom, welcher im Prinzip der Summe aus

35

dem Frischluftmassenstrom dm_{HFM} und dem Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR} entspricht, abhängig von diesen Betriebsparametern in Form eines Kennfelds ermittelt wird, d.h. es ist somit bekannt, bei welchen Betriebsparameterwerten welcher Zylindermassenstrom auftritt. Der angesaugte Frischluftmassenstrom wird mit Hilfe eines Luftmassensensors, beispielsweise eines Heißfilm-Luftmassensensors, im Ansaugtrakt gemessen. Der Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR} ergibt sich aus dem Zylindermassenstrom dm_{Zyl} und dem im laufenden Betrieb gemessenen Frischluftmassenstrom dm_{HFM} als Differenz:

$$(1) \quad dm_{\text{AGR}} = dm_{\text{Zyl}} - dm_{\text{HFM}}$$

Die gesuchte Abgasrückführrate r_{AGR} folgt dann durch Quotientenbildung:

$$(2) \quad r_{\text{AGR}} = dm_{\text{AGR}}/dm_{\text{HFM}}$$

Nur der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass die tatsächliche Implementierung zwar etwas von dem zuvor beschriebenen Verfahren abweichen kann, sich jedoch grundsätzlich auf diesen Algorithmus zurückführen lässt.

Das zuvor beschriebene Verfahren reagiert empfindlich auf Toleranzen der Messsignale und fertigungsbedingte Toleranzen des Einlassbereichs. Eine Differenz der absoluten Fehler der beiden bestimmten Massenströme dm_{HFM} und dm_{Zyl} geht direkt in den Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR} ein, der als relativ kleine Differenz zweier relativ großer Größen und daher mit hoher Empfindlichkeit bestimmt wird, wobei sich beispielsweise der Fehler bei der Erfassung des Zylindermassenstroms dm_{Zyl} im Wesentlichen aus Herstellungstoleranzen der Ladeluftstrecke und Messfehlern des Ladedruck- und Ladetemperatursensors zusammensetzt, während der Fehler bei der Erfassung des Frischluftmassenstroms dm_{HFM} im Wesentlichen auf Messfehler des Luftmassensensors zurückgeht. Ein Fehler von -5% bei der Bestimmung des Zylindermassenstroms dm_{Zyl} und ein Fehler von +5% bei der Bestimmung des Frischluftmassenstroms dm_{HFM} liefern fehlerhaft einen zusätzlichen Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR} von 10% des Frischluftmassenstroms.

Damit wird nicht nur der Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR} , sondern auch die Abgasrückführrate r_{AGR} fehlerbehaftet bestimmt, und zukünftige strengere Abgasbestimmungen können unter Umständen nicht eingehalten werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine entsprechend ausgestaltete Vorrichtung zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms ei-

nes Verbrennungsmotors bereitzustellen, womit eine möglichst genaue Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms und insbesondere eine möglichst genaue Bestimmung der Abgasrückführrate möglich ist.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 7 gelöst. Die Unteransprüche definieren jeweils bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

10 Zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms wird erfindungsgemäß wie bei der zuvor beschriebenen herkömmlichen Vorgehensweise der Frischluftmassenstrom gemessen, um davon abhängig unter Auswertung des Zylindermassenstroms, welcher den Abgasrückführmassenstrom und den Frischluftmassenstrom umfasst, den Abgasrückführmassenstrom im laufenden Betrieb des Verbrennungsmotors zu ermitteln. Dabei wird jedoch im laufenden
15 Betrieb eine den Zylindermassenstrom in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors beschreibende Kennlinie, welche z.B. vor Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors durch Prüfstandsmessungen ermittelt worden ist, so an den für verschiedene Betriebspunkte des Verbrennungsmotors gemessenen und somit bekannten Frischluftmassenstrom angepasst, d.h. adaptiert, dass die obige Gleichung (1) den bis auf
20 einen prozentualen Fehler des zum Messen des Frischluftmassenstroms eingesetzten Luftmassenmessers richtigen Abgasrückführmassenstrom in den entsprechenden Betriebspunkten liefert. Im Prinzip kann auch auf die vorhergehenden Prüfstandsmessungen verzichtet werden. Die Startwerte für die Kennlinie sind beliebig und beeinflussen lediglich die Dauer der Adaption.

25 Mit Hilfe dieser adaptierten Kennlinie des Zylindermassenstroms und des jeweils gemessenen Frischluftmassenstroms kann dann zuverlässig der Abgasrückführmassenstrom bestimmt werden, wobei im Gegensatz zu dem eingangs beschriebenen Stand der Technik Fehler des Ladelufttemperatursensors, des Ladedrucksensors oder Fertigungstoleranzen der
30 Ladeluftstrecke im Betrieb des jeweiligen Fahrzeugs automatisch herauskalibriert werden und somit in keinen der bestimmten Gasmassenströme mehr eingehen. Zudem kann auf einen Fahrerwunsch rascher reagiert werden, da eine sehr schnelle Anpassung der erforderlichen Betriebsparameter des Verbrennungsmotors möglich ist, d.h. die vorliegende Erfindung ermöglicht nicht nur eine erhöhte statische Zuverlässigkeit, sondern auch einen ver-
35 besserten dynamischen Betrieb.

Da die Kennlinie des Zylindermassenstroms derart abgeglichen wird, dass der prozentuale Fehler des Zylindermassenstroms und des Frischluftmassenstroms gleich groß ist, weist auch der Abgasrückführmassenstrom den gleichen prozentualen Fehler auf. Bei der Quotientenbildung zur Bestimmung der Abgasrückführrate wird dieser prozentuale Fehler herausgekürzt und somit eliminiert, so dass die Abgasrückführrate erfindungsgemäß im Prinzip fehlerfrei bestimmt werden kann.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend näher anhand der beigefügten Zeichnung unter Bezugnahme auf ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel erläutert.

Die einzige Figur zeigt eine vereinfachte Darstellung eines Simulationsmodells zur Simulation des Gasstroms in einem Kraftfahrzeug bzw. einem entsprechenden Verbrennungsmotor gemäß der vorliegenden Erfindung.

In der Figur ist ein Verbrennungsmotor 1 mit vier Brennräumen bzw. Zylindern dargestellt. Der Verbrennungsmotor 1 ist mit einem Abgasturbolader (ATL) gekoppelt, welcher eine Turbine 2 und einen Verdichter 7 umfasst, wobei die Turbine 2 und der Verdichter 7 auf einer gemeinsamen Welle 14, der so genannten Turboladerwelle, angebracht sind. Die Turbine 2 nutzt die im Abgas des Verbrennungsmotors 1 enthaltene Energie zum Antrieb des Verdichters 7, welcher über einen Ansaugtrakt Frischluft ansaugt und vorverdichtete Luft in die einzelnen Brennräume des Verbrennungsmotors 1 drückt. Der angesaugte Frischluftmassenstrom wird von einem relativ weit vorne im Ansaugtrakt angeordneten Luftmassenmesser 6 gemessen und somit im Betrieb des Verbrennungsmotors 1 bzw. des Kraftfahrzeugs erfasst. Der durch die Turbine 2, den Verdichter 7 und die Turboladerwelle 14 gebildete Abgasturbolader ist nur durch den Luft- und Abgasmassenstrom strömungstechnisch mit dem Verbrennungsmotor 1 gekoppelt.

Die von dem Verdichter 7 angesaugte und vorverdichtete Frischluft wird über einen Ladeluftkühler (LLK) 8, welcher die Abgastemperatur und damit die NO_x -Emission sowie den Kraftstoffverbrauch reduziert, einem so genannten Ersatzvolumen (ERS) 9 zugeführt. Durch die Reduktion der Abgastemperatur in dem Ladeluftkühler 8 wird die Luft durch Anreicherung von Sauerstoff verdichtet, ohne jedoch den Druck zu erhöhen. Den einzelnen Brennräumen des Verbrennungsmotors 1 ist ein Einlass-Sammler (ELS) 10 vorgeschaltet. Das in den Brennräumen des Verbrennungsmotors 1 erzeugte Abgas wird von einem Abgas-Sammler (ASA) 11 gesammelt und der Turbine 2 zugeführt. Der Turbine 2 ist in Abgasströmungsrichtung die Abgasanlage (APU) 12 des Kraftfahrzeugs nachgeschaltet, welche die Schadstoffanteile der beim Betrieb des Verbrennungsmotors 1 entstehenden Abgase abbaut und die

verbleibenden Abgase so geräuscharm wie möglich ableitet. Ein Teil des in den Brennräumen des Verbrennungsmotors 1 erzeugten Abgases wird von dem Abgas-Sammler 11 über eine Abgasrückführung (AGR) 16 mit einem Abgasrückführventil 17 an den Einlass-Sammler 10 zurückgeführt, wo das zurückgeführte Abgas mit der angesaugten Frischluft gemischt und das Frischluft/Abgasgemisch dem entsprechenden Zylinder des Verbrennungsmotors 1 zugeführt wird.

Des Weiteren ist ein Steuergerät 4 dargestellt, welches ein Bestandteil eines entsprechenden Motormanagementsystems des Kraftfahrzeugs ist. Von dem Steuergerät 4 werden verschiedene Größen oder Betriebsparameter des dargestellten Motorsystems überwacht, welche mit Hilfe entsprechender Sensoren erfasst und über eine Schnittstelle 3 dem Steuergerät 4 zugeführt werden. Dabei kann es sich insbesondere um den von dem Luftmassenmesser 6 gemessenen Frischluftmassenstrom, die Motordrehzahl, die Dichte des Frischluft/Abgasgemisches in der Verbindung zwischen dem Einlass-Sammler 10 und dem Verbrennungsmotor 1, dem so genannten Saugrohr, etc. handeln. Die auf diese Weise von dem Steuergerät 4 erfassten Messgrößen werden ausgewertet, um davon abhängig verschiedene Stellsignale für das Motormanagementsystem zu erzeugen. Wie in der Figur angedeutet ist, können die über die Schnittstelle 3 von dem Steuergerät 4 ausgegebenen Steuersignale beispielsweise das Tastverhältnis des in der Abgasrückführung angeordneten Abgasrückführventils 17, die Leitschauflerverstellung 15 der Turbine 2 oder auch den Einspritzzeitpunkt sowie die Einspritzmenge des in die einzelnen Brennräume des Verbrennungsmotors 1 über ein Einspritzsystem 5 eingespritzten Luftkraftstoffgemisches etc. steuern.

Mit den Bezugszeichen 13 sind in Figur 1 in entsprechenden Luft- bzw. Gaspfaden angeordnete Ventile bezeichnet.

Vor Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors 1 wird durch Prüfstandsmessungen ein Kennfeld bzw. eine Kennlinie des Zylindermassenstroms \dot{m}_{Zyl} , d.h. des Massenstroms des von dem Einlass-Sammler 10, welcher die Mischstelle für die Frischluft und das zurückgeführte Abgas aufweist, den einzelnen Zylindern des Verbrennungsmotors über die als Saugrohr bezeichnete Verbindungsleitung zugeführten Frischluft/Abgasgemisches, in Abhängigkeit von verschiedenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors ermittelt. Wie eingangs beschrieben worden ist, hängt der Zylindermassenstrom \dot{m}_{Zyl} bekannterweise unter anderem von dem Saugrohrdruck, der Saugrohrtemperatur, der Dichte im Saugrohr und der Motordrehzahl ab. Der Zylindermassenstrom \dot{m}_{Zyl} kann somit wie folgt modelliert werden:

(3) $dm_{zyl} = f(p_0, p_1, p_2, \dots, a_0, a_1, a_2, \dots)$

Dabei bezeichnen p_0, p_1, p_2 verschiedene Messwerte oder Betriebsparameter, welche in das Modell eingehen, während a_0, a_1, a_2 Koeffizienten, welche das Modell beschreiben, bezeichnen. Der physikalische Zusammenhang der einzelnen Betriebsparameter und Koeffizienten muss nicht notwendigerweise als Gleichung bekannt sein. Es genügt auch lediglich das Vorhandensein einer in ein Polynom abbildbaren Kennlinie bzw. eines Kennfelds oder Kennraums.

10 Im laufenden Betrieb des Verbrennungsmotors 1 bzw. des entsprechenden Kraftfahrzeugs wird kontinuierlich der Frischluftmassenstrom dm_{HFM} von dem Luftmassenmesser 6 gemessen und dem Steuergerät 4 zugeführt. In dem Steuergerät 4 ist die zuvor beschriebene Kennlinie des Zylindermassenstroms dm_{zyl} gespeichert, so dass diese Kennlinie dem Steuergerät 4 bekannt ist.

15 Das Steuergerät adaptiert diese Kennlinie im laufenden Betrieb derart, dass in jedem Betriebspunkt des Verbrennungsmotors 1 bei bekannten Werten des Abgasrückführmassenstroms dm_{AGR} die obige Gleichung erfüllt ist.

20 So kann beispielsweise der Frischluftmassenstrom dm_{HFM} stets dann gemessen werden, wenn das in der Abgasrückführung 16 enthaltene Abgasrückführventil 17 geschlossen ist, so dass gilt: $dm_{AGR} = 0$. In diesem Fall adaptiert das Steuergerät 4 die Kennlinie des Zylindermassenstroms dm_{zyl} derart, dass für jeden Betriebspunkt des Verbrennungsmotors 1 möglichst gilt:

25 (4) $0 = dm_{zyl} - dm_{HFM}$, d.h. $dm_{zyl} = dm_{HFM}$

30 Der Zusammenhang gemäß Gleichung (4) wird wie beschrieben angestrebt. Infolge zufälliger Fehler ist dies jedoch unter Umständen nicht erreichbar, zumindest nicht für alle Messungen im überbestimmten Fall, so dass daher ein statistisches Verfahren, z.B. die Methode der kleinsten Quadrate, zum Einsatz kommen kann, um die Standardabweichung der rechten von der linken Gleichungsseite der Gleichung (4) zu minimieren.

35 Der Abgleich der Kennlinie des Zylindermassenstroms kann jedoch auch bei geöffnetem Abgasrückführventil 17 erfolgen, da beispielsweise auch Verfahren bekannt sind, aus bestimmten gemessenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors 1 den augenblicklichen Wert des Abgasrückführmassenstroms dm_{AGR} zu bestimmen. Wichtig für den zuvor be-

schriebenen Abgleich der Kennlinie des Zylindermassenstroms dm_{Zyl} ist im Prinzip lediglich, dass möglichst zuverlässige oder abgeschätzte Informationen über den in dem jeweiligen Betriebspunkt gültigen Wert des Abgasrückführmassenstroms dm_{AGR} unabhängig von den zuvor beschriebenen, möglicherweise fehlerbehafteten Sensoren, insbesondere unabhängig von dem Luftmassenmesser 6, bekannt sind. Zumindest sollte der Grad der Unzuverlässigkeit der verwendeten Informationen bekannt sein.

Der Abgleich der Kennlinie des Zylindermassenstroms dm_{Zyl} kann beispielsweise durch entsprechende Adaption der Koeffizienten $a_0, a_1, a_2 \dots$ des Modells gemäß Gleichung (3) im laufenden Betrieb erfolgen.

Bei Abgleich der Kennlinie für den Zylindermassenstrom dm_{Zyl} liefert die obige Gleichung (1) unter Verwendung dieser abgeglichenen bzw. adaptierten Kennlinie für alle Betriebsbedingungen, insbesondere für relativ kleine Abgasrückführraten, den bis auf einen möglicherweise vorhandenen prozentualen Fehler des Heißfilm-Luftmassenmessers 6 korrigierten Massenstrom durch das Einlassventil. Ein zusätzlicher Fehler durch die Differenzbildung gemäß Gleichung (1) tritt nicht mehr auf, so dass auch der Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR} in jedem Betriebspunkt lediglich den prozentualen Fehler des Heißfilm-Luftmassenmessers 6 aufweist. Fehler eines Ladelufttemperatursensors, eines Ladedrucksensors oder Fertigungstoleranzen der Ladeluftstrecke, welche wie beschrieben herkömmlicherweise zu Fehlern bei der Bestimmung des Zylindermassenstroms dm_{Zyl} führen können, werden durch das obige Abgleichverfahren automatisch im Betrieb des Kraftfahrzeugs durch das Steuergerät 4 eliminiert bzw. herauskalibriert und gehen in keinen der bestimmten Massenströme mehr ein, solange die Anzeige der beteiligten Sensoren eindeutig bleibt.

Besonders vorteilhaft ist das zuvor beschriebene Abgleichverfahren auch in Hinblick auf die Bestimmung der Abgasrückführrate r_{AGR} gemäß Gleichung (2). Da die Kennlinie des Zylindermassenstroms dm_{Zyl} wie beschrieben gerade so abgeglichen wird, dass die prozentualen Fehler des Zylindermassenstroms dm_{Zyl} und des Frischluftmassenstroms dm_{HFM} gleich groß sind, weist auch der gemäß Gleichung (1) daraus ableitbare Abgasrückführmassenstrom dm_{AGR} den gleichen prozentualen Fehler auf. Bei der Quotientenbildung gemäß Gleichung (2) zur Bestimmung der Abgasrückführrate r_{AGR} kürzt sich dieser prozentuale Fehler heraus und wird somit eliminiert, d.h. die Abgasrückführrate r_{AGR} kann im Prinzip fehlerfrei bestimmt werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

- | | | |
|----|------------|-------------------------------------|
| 5 | 1 | Verbrennungsmotor |
| | 2 | Turbine |
| | 3 | Schnittstelle |
| | 4 | Steuergerät |
| | 5 | Einspritzsystem |
| 10 | 6 | Heißfilm-Luftmassenmesser |
| | 7 | Verdichter |
| | 8 | Ladeluftkühler |
| | 9 | Ersatzvolumen |
| | 10 | Einlass-Sammler |
| 15 | 11 | Auslass-Sammler |
| | 12 | Abgasanlage |
| | 13 | Ventil |
| | 14 | Turboladerwelle |
| | 15 | Leitschaufelverstellung der Turbine |
| 20 | 16 | Abgasrückführleitung |
| | 17 | Abgasrückführventil |
| | dm_{AGR} | Abgasrückführmassenstrom |
| | dm_{HFM} | Frischlufmassenstrom |
| | dm_{zyl} | Zylindermassenstrom |

12

PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Verfahren zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms eines Verbrennungsmotors,

wobei Frischluft mit über eine Abgasrückführung (16) zurückgeführtem Abgas des Verbrennungsmotors (1) gemischt und das daraus resultierende Gasgemisch mindestens einem Zylinder des Verbrennungsmotors (1) zugeführt wird,

10 wobei zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms (dm_{AGR}) des über die Abgasrückführung (16) zurückgeführten Abgases eine von verschiedenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors (1) abhängige Kennlinie des Zylindermassenstroms (dm_{Zyl}) des dem mindestens einen Zylinder des Verbrennungsmotors (1) zugeführten Gasgemisches ermittelt und der Frischluftmassenstrom (dm_{HFM}) der Frischluft gemessen wird,

15 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Kennlinie des Zylindermassenstroms (dm_{Zyl}) an den für verschiedene Betriebspunkte des Verbrennungsmotors (1) bekannten Frischluftmassenstrom (dm_{HFM}) angepasst wird, und

20 dass der Abgasrückführmassenstrom (dm_{AGR}) in Abhängigkeit von dem in einem jeweils augenblicklichen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors (1) gemessenen Frischluftmassenstrom (dm_{HFM}) unter Verwendung der angepassten Kennlinie des Zylindermassenstroms (dm_{Zyl}) bestimmt wird.

- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Kennlinie des Zylindermassenstroms derart an den für die verschiedenen Betriebspunkte des Verbrennungsmotors (1) bekannten Frischluftmassenstrom angepasst wird, dass für jeden dieser Betriebspunkte bei mindestens einem bekannten Abgasrückführmassenstrom wenigstens näherungsweise die Beziehung $dm_{AGR} = dm_{Zyl} - dm_{HFM}$ gilt, wobei dm_{AGR} den bekannten Abgasrückführmassenstrom, dm_{Zyl} den Zylindermassenstrom gemäß der angepassten Kennlinie und dm_{HFM} den jeweils bekannten Frischluftmassenstrom bezeichnet.

- 30 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Kennlinie des Zylindermassenstroms derart an den für die verschiedenen Betriebspunkte des Verbrennungsmotors (1) bekannten Frischluftmassenstrom angepasst wird, dass für jeden dieser Betriebspunkte bei einem bekannten Abgasrückführmassenstrom von Null die Beziehung $dm_{Zyl} = dm_{HFM}$ gilt.
- 35

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem jeweils gemäß dem Verfahren bestimmten Abgasrückführmassenstrom (dm_{AGR}) und dem jeweils gemessenen Frischluftmassenstrom (dm_{HFM}) durch Quotientenbildung die Abgasrückführrate des über die Abgasrückführung (16) zurückgeführten Abgases ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kennlinie des Zylindermassenstroms (dm_{Zyl}) im laufenden Betrieb des Verbrennungsmotors (1) angepasst wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abgasrückführmassenstrom in jedem Betriebspunkt des Verbrennungsmotors (1) aus der angepassten Kennlinie für den Zylindermassenstrom und dem jeweils in diesem Betriebspunkt gemessenen Frischluftmassenstrom gemäß der Beziehung $dm_{AGR} = dm_{Zyl} - dm_{HFM}$ bestimmt wird, wobei dm_{AGR} den zu bestimmenden Abgasrückführmassenstrom, dm_{Zyl} den Zylindermassenstrom gemäß der angepassten Kennlinie und dm_{HFM} den jeweils gemessenen Frischluftmassenstrom bezeichnet.
7. Vorrichtung zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms eines Verbrennungsmotors, wobei Frischluft mit einem über eine Abgasrückführung (16) zurückgeführten Abgas des Verbrennungsmotors (1) gemischt und das daraus resultierende Gasgemisch mindestens einem Zylinder des Verbrennungsmotors (1) zuzuführen ist, mit Frischluftmassenstrom-Messmitteln (6) zum Messen des Frischluftmassenstroms (dm_{HFM}) der Frischluft, und mit Abgasrückführmassenstrom-Bestimmungsmitteln (4) zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms (dm_{AGR}) des über die Abgasrückführung (16) zurückgeführten Abgases, wobei die Abgasrückführmassenstrom-Bestimmungsmittel (4) derart ausgestaltet sind, dass sie den Abgasrückführmassenstrom anhand einer von verschiedenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors (1) abhängigen Kennlinie des Zylindermassenstroms (dm_{Zyl}) des dem mindestens einen Zylinder des Verbrennungsmotors (1) zugeführten Gasgemisches und anhand des von den Frischluftmassenstrom-Messmitteln (6) gemessenen Frischluftmassenstroms (dm_{HFM}) bestimmen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasrückführmassenstrom-Bestimmungsmittel (4) derart ausgestaltet sind, dass sie die Kennlinie des Zylindermassenstroms (dm_{Zyl}) an den für verschiedene Be-

triebspunkte des Verbrennungsmotors (1) bekannten Frischluftmassenstrom (\dot{m}_{HFM}) anpassen und den Abgasrückführmassenstrom (\dot{m}_{AGR}) in Abhängigkeit von dem in einem jeweils augenblicklichen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors (1) gemessenen Frischluftmassenstrom (\dot{m}_{HFM}) unter Verwendung der angepassten Kennlinie des Zylindermassenstroms (\dot{m}_{Zyl}) bestimmen.

5

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abgasrückführmassenstrom-Bestimmungsmittel (4) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1-6 ausgestaltet sind.

10

ZUSAMMENFASSUNG

5 Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms eines Verbrennungsmotors

- 10 Zur Bestimmung des Abgasrückführmassenstroms und davon abhängig der Abgasrückführ-
rate eines Verbrennungsmotors (1) wird vorgeschlagen, eine vor Inbetriebnahme des
Verbrennungsmotors (1) ermittelte Kennlinie des den Zylindern des Verbrennungsmotors (1)
zugeführten Zylindermassenstroms (dm_{zy}), welcher sich aus dem Frischluftmassenstrom
(dm_{HFM}) und dem über eine Abgasrückführung (16) zurückgeführten Abgasmassenstrom
15 zusammensetzt, im laufenden Betrieb des Verbrennungsmotors (1) an den für verschiedene
Betriebspunkte des Verbrennungsmotors (1) bekannten Frischluftmassenstrom (dm_{HFM}) an-
zupassen. Der Abgasrückführmassenstrom (dm_{AGR}) wird dann in Abhängigkeit von dem in
einem jeweils augenblicklichen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors (1) gemessenen
Frischluftmassenstrom (dm_{HFM}) unter Verwendung der angepassten Kennlinie des Zylinder-
massenstroms (dm_{zy}) bestimmt.



